HAL open science

Raman dans une fibre NZ-DSF Génération de similaritons optiques à 1550 nm par amplification

C. Finot, Guy Millot, C. Billet, John M Dudley

▶ **To cite this version:**

C. Finot, Guy Millot, C. Billet, John M Dudley. Raman dans une fibre NZ-DSF Génération de similaritons optiques à 1550 nm par amplification. Journal de Physique, 2004, 119, pp.181-182. 10.1051/jp4:2004119047 . hal-00097105

HAL Id: hal-00097105

https://hal.science/hal-00097105v1

Submitted on 14 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Raman dans une fibre NZ-DSF
Génération de similaritons optiques à 1550 nm par amplification

C. Finot [1], G. Millot [1], C. Billet [2] et J.M. Dudley [2]

[1] *Laboratoire de Physique de l'Université de Bourgogne, Dijon, France*
e-mail: guy.millot@u-bourgogne.fr
[2] *Laboratoire d'Optique Duffieux, Université de Franche-Comté, France*
e-mail: john.dudley@univ-fcomte.fr

Abstract. Nous présentons la première observation expérimentale de similaritons optiques générés par amplification Raman à 1550 nm dans une fibre à dispersion décalée. Une caractérisation FROG des impulsions indique un profil d'intensité parabolique et un chirp linéaire conformes aux prédictions théoriques.

1. INTRODUCTION

Les progrès rapides des technologies d'amplification fibrée ont un impact majeur dans l'avènement de sources ultracourtes et dans la conception de réseaux de télécommunications de très grande capacité. Etant donnée l'augmentation de la bande passante et du gain des amplificateurs, il est devenu nécessaire de développer de nouvelles techniques pour contrôler et compenser les distorsions non-linéaires qui affectent les impulsions subissant une amplification au cours de leur propagation. Dans cet esprit, les similaritons optiques, qui apparaissent sous forme d'impulsions paraboliques au chirp linéaire dans des fibres à dispersion normale, sont source d'un grand intérêt. En effet, ils sont générés de manière asymptotique, et ce indépendamment de la forme ou du caractère bruité de l'impulsion initiale [1]. De plus, les similaritons (ou impulsions paraboliques auto-similaires) peuvent se propager de façon stable avec des puissances crêtes très importantes et présentent en outre un chirp linéaire permettant d'envisager une compression temporelle très efficace, ouvrant ainsi la porte à de nombreuses applications. La technologie des impulsions paraboliques a d'ores et déjà été employée pour développer des sources compactes d'impulsions ultracourtes utilisant l'amplification par fibre dopée [2]. De récentes études ont également considéré leur intégration dans des systèmes de transmission haute-capacité [3].
Pour l'heure, les travaux expérimentaux se sont cantonnés au cas des fibres dopées [1-4], mais de récentes études numériques nous ont permis de montrer la possibilité de générer des similaritons par amplification Raman à partir d'un signal pompe d'une puissance de 1 W injectée dans une fibre standard NZ-DSF (Non-Zero Dispersion-Shifted Fiber) [5-6]. Ces profils impulsionnels ont également été observés dans des fibres exotiques, du type à cristaux photoniques (PCF), ainsi que l'ont montré numériquement Peacock *et al.,* à partir d'une onde pompe d'une puissance de 20 W [7].
Nous présentons ici la première observation expérimentale d'impulsions paraboliques auto-similaires générées par amplification Raman. Ces impulsions sont obtenues à partir d'équipements commerciaux (fibres standards à dispersion décalée, laser Raman délivrant une onde pompe continue de l'ordre du Watt). Un aspect important de notre travail expérimental est l'utilisation d'un système FROG (Frequency Resolved Optical Gating) pour mesurer l'intensité et le chirp des impulsions en sortie de l'amplificateur. Nous confirmons ainsi directement le profil d'intensité parabolique et le chirp linéaire.

2. SIMULATIONS NUMÉRIQUES

Nous avons basé nos simulations numériques sur l'équation de Schrödinger non-linéaire généralisée où l'effet Raman est pris en compte à travers une intégrale englobant la réponse de la silice [8]. Les simulations nous ont permis de déterminer des paramètres optimaux pour la génération de similaritons respectant les contraintes de réalisation que nous nous étions fixés, à savoir l'utilisation de dispositifs disponibles commercialement. La figure 1 illustre des résultats typiques correspondant aux paramètres expérimentaux détaillés page suivante.
Nous avons simulé un amplificateur Raman utilisant une fibre NZ-DSF pompée par une onde continue de 0,8 W à 1455 nm. Cette longueur d'onde permet un gain Raman maximal à 1550 nm où la fibre NZ-DSF présente une dispersion normale D = -3.8 ps/nm/km. Les paramètres de l'impulsion initiale correspondent aux paramètres de notre source impulsionnelle décrite au paragraphe suivant et tels que nous les avons mesurés par le système FROG. La figure 1(a) montre l'évolution d'impulsions initiales de 75 mW de puissance crête et d'une durée de 10 ps. L'impulsion finale après 5,3 km présente les caractéristiques d'une impulsion parabolique avec un gain de 17 dB. La figure 1(b) montre l'intensité et le chirp de l'impulsion en sortie (traits continus), comparés à des

ajustements respectivement paraboliques et linéaires (cercles). Le bon accord obtenu démontre que les similaritons à 1550 nm peuvent être générés dans un amplificateur Raman ayant les propriétés mentionnées.

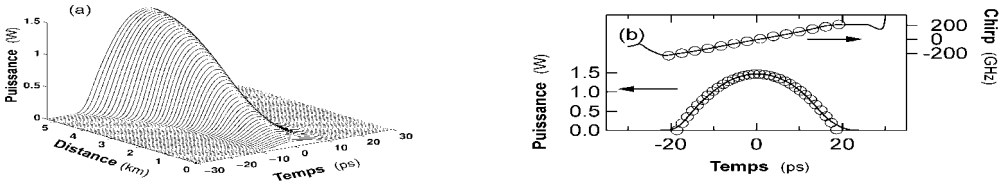

Figure 1. (a) Evolution du similariton sur une distance de 5,3 km de fibre NZ-DSF. (b) Intensité et chirp de l'impulsion en sortie de fibre : simulation (traits pleins) avec les ajustements paraboliques et linéaires correspondants (cercles).

3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Notre amplificateur Raman est basé sur 5,3 km de NZ-DSF. Le pompage co-propagatif est assuré par une source KEOPSYS continue de 2W à 1455 nm. Les impulsions initiales de 10 ps de durée avec un taux de répétition de 22 MHz sont issues d'une source laser fibrée PRITEL FFL à blocage de modes passifs. Une caractérisation FROG par génération du second harmonique est ensuite ensuite utilisée pour connaître les impulsions à l'injection ainsi qu'à la sortie de la fibre.

La figure 2 illustre les résultats relatifs à l'impulsion de sortie. La trace FROG obtenue figure 2(a) conduit à l'intensité et au chirp représentés par des cercles figure 2(b). L'erreur de récupération FROG est de 5.10^{-3}. La représentation logarithmique de l'intensité met en relief la rapide décroissance caractéristique d'un profil parabolique. L'intensité mesurée est comparée avec celle résultant des simulations précédemment décrites. Nous notons un bon accord sur plus de deux ordres de grandeur. En raison des effets de dépolarisation à relier à la dispersion modale de polarisation, un accord optimal entre expérience et simulation est obtenu à une puissance de pompe plus importante ($\approx$ 1,3 W) que celle utilisée pour nos simulations.

Le chirp linéaire du similariton favorise une compression efficace de l'impulsion. Les résultats issus de la caractérisation FROG permettent d'anticiper numériquement les propriétés de l'impulsion comprimée. En considérant uniquement une compression linéaire (à partir par exemple d'un double réseau de diffraction), nous obtenons l'impulsion comprimée présentée sur la figure 2(c) d'une durée d'environ 2 ps, soit un facteur compression voisin de 10. De plus, nous constatons que le chirp est négligeable au centre de l'impulsion et que seul un faible piédestal résiduel existe.

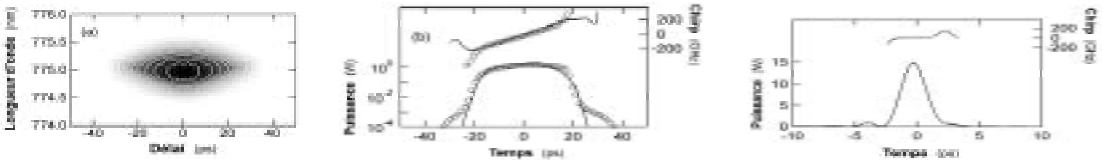

Figure 2. (a) Trace FROG expérimentale (b) Intensité et chirp retrouvés (cercles), comparés aux résultats issus des simulations numériques (traits continus) (c) Intensité et chirp de l'impulsion comprimée numériquement.

4. CONCLUSIONS

Ces résultats constituent la première démonstration expérimentale de la génération de similaritons dans un amplificateur Raman. Le profil d'intensité parabolique et le chirp linéaire mesurés sont en accord avec les prédictions numériques. La compression numérique de l'impulsion mesurée en sortie laisse entrevoir la possibilité d'obtenir des impulsions non chirpées avec des sous-structures très réduites. L'utilisation d'amplificateur Raman dans le régime parabolique va permettre leur utilisation pour des gains plus importants et sur une plage spectrale plus large, permettant une grande extension des applications potentielles dans le développement des sources ultracourtes et des systèmes de télécommunication de haute capacité.

5. Références

[1] V.I. Kruglov et al. J.Opt.Soc.Am.B. 19 (2002) 461
[2] Fermann et al, Phys. Rev. Lett. 84 (2000) 6010
[3] A.C. Peacock et al, OFC 2001, Paper WP4 (2001)
[4] K.Tamura and M.Nakazawa, Opt. Lett. 21 (1966)
[5] Billet et al, JNOG 2002, Recueil des communications p.259
[6] Billet et al, CLEO 2003, Paper CL6-1 (2003)
[7] A.C.Peacock et al, Opt. Commun. 218 (2003) 167
[8] G.P. Agrawal, Nonlinear .Fibre Optics, 3rd edn. (Academic Press, San Francisco,2001)